

DOSEN MUDA



## LAPORAN PENELITIAN

### **PENINGKATAN EFISIENSI KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA KENDARAAN JENIS *THREE WHEEL-AXIS TRUCK* DENGAN SIMULASI AERODINAMIKA MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTASI DINAMIKA FLUIDA**

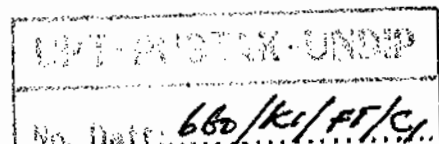
Oleh :

MSK TONY SURYO UTOMO, ST, MT  
IR. EFLITA YOHANA, MT  
MUCHAMMAD, ST, MT

---

Diblayai Oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor: 031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005 tanggal 11 April 2005

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
NOVEMBER, 2005



**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. a. Judul Penelitian : Peningkatan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Jenis *Three Wheel-Axis Truck* dengan Simulasi Aerodinamika Menggunakan Program Komputasi Dinamika Fluida
- b. Kategori Penelitian : I / II / III
2. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap dan Gelar : MSK Tony Suryo Utomo, ST MT
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. Pangkat/Gol/NIP : Penata Muda/III A/132 231 137
  - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
  - e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
  - f. Universitas : Universitas Diponegoro
  - g. Bidang Ilmu : Teknologi
3. Jumlah Tim Peneliti : 3 orang
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Fenomena Dasar Teknik Mesin UNDIP
5. Bila penelitian ini merupakan peningkatan kerjasama kelembagaan sebutkan:
  - a. Nama Instansi : ---
  - b. Alamat : ---
6. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
8. Biaya yang dibutuhkan : Rp. 6.000.000,-  
(enam juta rupiah)

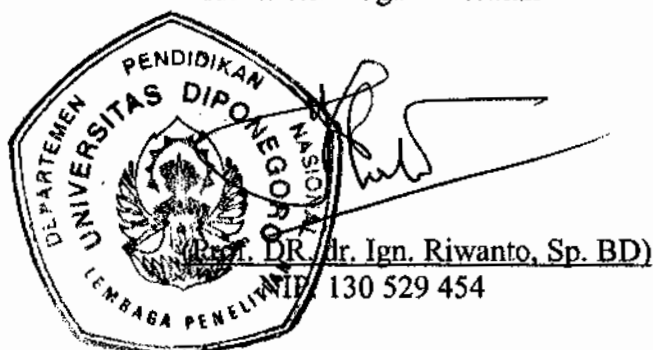
Semarang, November 2005  
Ketua Peneliti

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik UNDIP



MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 132 231 137

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian



**PENINGKATAN EFISIENSI KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA  
KENDARAAN JENIS *THREE WHEEL-AXIS TRUCK* DENGAN  
SIMULASI AERODINAMIKA MENGGUNAKAN PROGRAM  
KOMPUTASI DINAMIKA FLUIDA**

MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT  
Ir. Eflita Yohana, MT  
Muchammad, ST, MT

**ABSTRAK**

Dua simulasi aerodinamika dilakukan dalam penelitian ini, kasus pertama adalah simulasi aerodinamika pada *simplified bus* berdasarkan eksperimen Duell dan George; 1999 yang disimulasikan pula oleh Krajnovic dan Davidson; 2001 sebagai validasi kode-kode simulasi yang digunakan pada kasus kedua yaitu simulasi truk kelas tiga as roda.

Dari simulasi kasus pertama diperoleh data-data karakteristik aerodinamika yang sesuai dengan data eksperimen dan didapatkan kode-kode simulasi berdasarkan model turbulen *standard k - e (standard wall function)* dengan metode diskretisasi *Standard Pressure, SIMPLE Pressure-Velocity coupling, 2<sup>nd</sup> order Upwind Scheme* untuk *Momentum* dan *Turbulence Kinetic Energy*, serta *1<sup>st</sup> order Upwind Scheme Turbulence Dissipation Rate*.

Simulasi kedua dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan perangkat aerodinamika terhadap gaya-gaya aerodinamika, utamanya koefisien tahanan dan koefisien angkat. Dari hasil simulasi diketahui bahwa penambahan perangkat aerodinamika baik atas maupun samping kabin menunjukkan penurunan nilai koefisien tahanan yang signifikan.

Dengan visualisasi kontur tekanan statik dan visualisasi pola aliran di sekeliling truk kelas tiga as roda dapat dilakukan analisa untuk memprediksi bagian-bagian truk yang paling berpengaruh pada besarnya gaya tahanan truk kelas tiga as roda.

# **FUEL CONSUMPTION EFFICIENCY IMPROVEMENT ON THREE WHEEL-AXIS TRUCK BY AERODYNAMICS SIMULATION USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS**

MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT  
Ir. Eflita Yohana, MT  
Muchammad, ST, MT

## **ABSTRACT**

Two aerodynamics simulation are done in this research, the first case is aerodynamic simulation on simplified bus which based on duell's and george's experiment; 1999 which is also simulated by krajnovic and davidson; 2001. This first case codes will be use as validation codes for three axle grade truck case.

The first simulation will give aerodynamics characteristic files which equal to the experiment files, and gives simulation codes base on standard k-e turbulent model (standard wall function) with Standard Pressure, SIMPLE Pressure-Velocity coupling, 2<sup>nd</sup> order Upwind Scheme for Momentum and Turbulence Kinetic Energy, and 1<sup>st</sup> order Upwind Scheme Turbulence Dissipation Rate.

The second simulation aim to find the effect of various add-on aerodynamics part to the aerodynamics forces, especially on drag and lift coefficient. The simulation result show that add-on aerodinamics parts will significantly decrease the drag coefficient.

The static pressure and path lines visualization around the three axle grade truck can be use to analyze the truck's part that most affected to the drag forces.

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian dengan judul "Peningkatan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Jenis *Three Wheel-Axis Truck* dengan Simulasi Aerodinamika Menggunakan Program Komputasi Dinamika Fluida" ini merupakan penelitian yang didanai oleh Program Penelitian Dosen Muda tahun 2005.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada pihak- pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana bagi terselenggaranya penelitian ini.
2. Ketua LEMLIT UNDIP, Dekan Fakultas Teknik, Ketua Jurusan Teknik Mesin atas dukungan dan bantuannya.
3. Ketua Laboratorium Termofluida UNDIP beserta seluruh staf laboratorium atas ijin dan bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga hasil dari penelitian ini dapat menambah hasanah keilmuan dan bermanfaat bagi kita semua

Semarang, November 2005

Tim Peneliti

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1.</b> Model Penggenerasian Mesh yang Digunakan dalam Simulasi dan Komputasi.....	12
<b>Tabel 4.2.</b> Ukuran Grid Berdasarkan Jumlah Sel, Sisi dan Nodal .....	13
<b>Tabel 4.3.</b> Model Solusi yang Digunakan dalam Simulasi dan Komputasi .....	14
<b>Tabel 4.4.</b> Model Solusi yang Digunakan dalam Simulasi dan Komputasi.....	26
<b>Tabel 4.5.</b> Koefisien Tahanan ( $C_D$ ) dan Koefisien Angkat ( $C_L$ ) Hasil Simulasi, Eksperimen dan CFD Lain .....	19
<b>Tabel 4.6.</b> Jarak Resirkulasi Pada Aliran di Belakang <i>Simplified Bus</i> .....	22
<b>Tabel 4.7.</b> Model Penggenerasian Mesh dalam Simulasi Truk Kelas Tiga As Roda ...	24
<b>Tabel 4.8.</b> Pembagian Kasus Truk Kelas Tiga As Roda Berdasarkan Variasi Perangkat Aerodinamika .....	25
<b>Tabel 4.9.</b> Ukuran Grid Truk Kelas Tiga As Roda Berdasarkan Jumlah Sel, Sisi dan Nodal .....	29
<b>Tabel 5.1.</b> Koefisien Tahanan dan Koefisien Angkat pada Berbagai Variasi Geometri.....	30

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Efek viskositas aliran fluida pada permukaan padat: tegangan geser dan aliran terpisah.....	2
<b>Gambar 2.2</b> Aliran pada benda-benda tiga dimensi [Gerhart, 1985].....	4
<b>Gambar 2.3</b> Definisi <i>frontal area</i> dan <i>planform area</i> [Gerhart, 1985] .....	7
<b>Gambar 4.1</b> Geometri benda dan daerah komputasinya.....	9
<b>Gambar 4.2</b> Kondisi batas untuk domain komputasi <i>Simplified Bus</i> .....	11
<b>Gambar 4.3</b> Grid model, grid jenis <i>tri-pave</i> di sisi dinding dan jenis <i>T-grid</i> pada volumenya.....	12
<b>Gambar 4.4.</b> Perbandingan berbagai model solusi.....	16
<b>Gambar 4.5.</b> Profil kecepatan pada $x/H = 0.32$ .....	18
<b>Gambar 4.6.</b> Profil kecepatan pada $x/H = 0.98$ .....	18
<b>Gambar 4.7.</b> Profil kecepatan pada $x/H = 1.63$ .....	18
<b>Gambar 4.8</b> Visualisasi pola aliran pada bagian depan <i>simplified bus</i> a). CFD Lain b). FLUENT.....	18
<b>Gambar 4.9</b> Visualisasi pola aliran pada bagian depan atas <i>simplified bus</i> a). CFD Lain b). FLUENT.....	20
<b>Gambar 4.10.</b> Visualisasi pola aliran di belakang <i>simplified bus</i> a). CFD Lain b). FLUENT.....	21
<b>Gambar 4.11</b> Grafik distribusi kecepatan sepanjang sumbu- $x$ .....	21
<b>Gambar 4.12.</b> Geometri model truk dan domain komputasinya.....	23
<b>Gambar 4.13.</b> Grid model, grid jenis <i>tri-pave</i> di sisi dinding dan jenis <i>T-grid</i> pada volumenya.....	25
<b>Gambar 4.14.</b> Model standar Truk kelas tiga as roda (kasus 1).....	26
<b>Gambar 4.15.</b> Model Truk kelas tiga as roda dengan perangkat aerodinamika atas kabin untuk kasus 2.....	26
<b>Gambar 4.16.</b> Model Truk kelas tiga as roda dengan perangkat aerodinamika atas kabin untuk kasus 3.....	27
<b>Gambar 4.17.</b> Model Truk kelas tiga as roda dengan perangkat aerodinamika atas kabin untuk kasus 4.....	27

<b>Gambar 4.18.</b> Model Truk kelas tiga as roda perangkat aerodinamika samping kabin untuk kasus 5.....	27
<b>Gambar 4.19.</b> Model Truk kelas tiga as roda perangkat aerodinamika samping kabin untuk kasus 6.....	28
<b>Gambar 4.20.</b> Model Truk kelas tiga as roda perangkat aerodinamika samping kabin untuk kasus 7.....	28
<b>Gambar 4.21.</b> Model Truk kelas tiga as roda perangkat aerodinamika atas dan samping kabin untuk kasus 8.....	28
<b>Gambar 5.11.</b> Diagram Batang untuk koefisien tahanan truk kelas tiga as roda.....	31
<b>Gambar 5.12.</b> Diagram Batang untuk koefisien angkat truk kelas tiga as roda.....	31
<b>Gambar 5.13.</b> Kontur tekanan statik kasus 1.....	32
<b>Gambar 5.14.</b> Kontur tekanan statik kasus 2.....	32
<b>Gambar 5.15.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 3.....	32
<b>Gambar 5.16.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 4.....	32
<b>Gambar 5.17.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 5.....	33
<b>Gambar 5.18.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 6.....	33
<b>Gambar 5.19.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 7.....	33
<b>Gambar 5.20.</b> Kontur tekanan statik pada kasus 8.....	33
<b>Gambar 5.21.</b> pola aliran pada kasus 1.....	33
<b>Gambar 5.22.</b> pola aliran pada kasus 2.....	33
<b>Gambar 5.23.</b> pola aliran pada kasus 3.....	34
<b>Gambar 5.24.</b> pola aliran pada kasus 4.....	34
<b>Gambar 5.25.</b> pola aliran pada kasus 5.....	34
<b>Gambar 5.26.</b> pola aliran pada kasus 6.....	34
<b>Gambar 5.27.</b> Pola aliran pada kasus 7.....	34
<b>Gambar 5.28.</b> Pola aliran pada kasus 8.....	35



# I

## PENDAHULUAN

Untuk semua kendaraan, dari kendaraan penumpang kecil hingga bus dan truk yang besar, pengurangan tahanan angin (*air drag*) yang ditandai dengan pengurangan koefisien tahanan (*drag coefficient*) adalah salah satu cara yang paling efisien untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar [Sanatian, 2003]. Dalam dunia desain dan produksi kendaraan saat ini, pengujian koefisien tahanan menjadi satu hal penting yang harus dilakukan oleh industri. Kebutuhan akan informasi koefisien tahanan tersebut menjadi penting setelah semakin gencarnya usaha-usaha rekayasa teknologi untuk memproduksi kendaraan dengan konsumsi bahan bakar yang seefisien mungkin dengan pencapaian kecepatan kendaraan yang seoptimal mungkin.

Dalam lingkungan persaingan global yang semakin ketat saat ini, dibutuhkan kecepatan dan ketepatan dalam pengujian koefisien tahanan tersebut. Seperti kita ketahui bahwa pengujian koefisien tahanan angin suatu kendaraan dapat dilakukan di dalam terowongan angin baik dalam ukuran kendaraan yang sebenarnya maupun dalam ukuran skala. Akan tetapi cara-cara pengujian koefisien tahanan dalam terowongan angin, baik ukuran sebenarnya maupun ukuran skala tersebut, membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit [Sanatian, 2003]. Hal inilah yang menjadi salah satu pemicu kenapa desainer maupun industri mulai memanfaatkan komputasi dan simulasi numerik (*Computational Fluid Dynamics/CFD*) sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut dengan pertimbangan kecepatan dalam memperoleh data koefisien tahanan dan rendahnya biaya yang harus dikeluarkan.